

HISTORIQUE DE L'ÉROSION ÉOLIENNE DU SOL

DANS LE TRIANGLE DE PALLISER DE L'OUEST CANADIEN

SÉRIE HISTORIQUE ÉTUDE N° 8 1975

HISTORIQUE DE L'ÉROSION ÉOLIENNE DU SOL
DANS LE TRIANGLE DE PALLISER DE L'OUEST CANADIEN

C.H. Anderson

Station de recherches
Swift Current (Sask.)

Série historique Étude n° 8.
1975

Direction de la recherche
Ministère de l'Agriculture du Canada

On peut obtenir des exemplaires de cette publication à la
DIVISION DE L'INFORMATION
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DU CANADA
OTTAWA
K1A 0C7

3M-38109-6:75
Cat. No. A54-2/8F

Vignette du frontispice Les plaines de l'Ouest, vues par le capitaine John Palliser et les premiers colons.

TABLE DES MATIÈRES

La colonisation dans la région des Prairies de l'Ouest canadien a débuté vers 1885 et s'est poursuivie jusqu'en 1920. Les colons sont venus des autres parties du Canada et aussi d'autres pays. A cause du besoin impérieux d'une culture marchande et du climat propice à leur culture, les céréales sont bientôt devenues les principales cultures de toute la région. Les faibles précipitations durant la saison de germination et la croissance abondante de mauvaises herbes nécessitèrent bientôt l'introduction d'un assolement comportant une jachère. Ainsi, on cultivait chaque année seulement la moitié des terres à céréales afin de conserver assez d'humidité pour obtenir une bonne récolte l'année suivante. Mais à mesure que la structure initiale du sol et sa matière organique se détérioraient par la culture intensive, l'érosion éolienne du sol prit des proportions graves. Durant les années 20, elle s'est répandue sur de vastes étendues laissant entrevoir un désastre imminent; durant les années 30 le point culminant de la sécheresse s'est manifesté par des tempêtes de poussière et par la destruction du sol sur une échelle désastreuse.

On constata que la productivité de 3 ou 4 millions d'hectares de terre fertile était anéantie dans les prairies du sud au point que la terre était devenue stérile. La pollution de l'air et de l'eau par le sol entraîné par le vent devenait critique. La tension économique et sociologique était extrême. Pour remédier au désastre, les gouvernements fédéraux, provinciaux et municipaux ont entrepris des programmes majeurs d'enquête sur l'érosion et la remise en valeur du sol.

Le but de la présente étude est d'examiner les causes de la crise, de décrire les mesures prises pour la combattre et de présenter succinctement les programmes à long terme institués pour empêcher son renouvellement.



DESCRIPTION DE LA RÉGION ET HISTORIQUE DE SON DÉVELOPPEMENT

Exploration

En 1857, le capitaine John Palliser fut délégué par le Secrétaire d'État aux colonies «pour explorer cette partie de l'Amérique du Nord située entre le bras nord de la rivière Saskatchewan et la frontière des États-Unis, et entre la rivière Rouge et les montagnes Rocheuses». Le rapport de l'expédition de Palliser, soumis à la Société Royale de géographie et au ministère des Colonies à Londres, mentionnait que l'agriculture permanente serait une entreprise précaire dans la région des prairies de la Terre de Rupert. Cette région rectangulaire longe le 49[e] parallèle à partir du 100[e] degré jusqu'au 114[e] de longitude ouest et s'étend au nord jusqu'au 52[e] parallèle de latitude. Cette région de faibles précipitations atmosphériques, décrite par Palliser comme un désert, renferme approximativement 20 millions d'hectares et s'appelle communément Triangle de Palliser. Palliser a fait aussi la description d'une bande de terre fertile qui entourait le Triangle à l'est, au nord et à l'ouest.

En 1867, quatre provinces de l'est du Canada s'unissaient par l'Acte de l'Amérique du Nord britannique et formaient le Dominion du Canada. Cependant, les vastes régions du nord-ouest, connues sous différents noms tels que le Territoire de la Baie d'Hudson, le Territoire du Nord-Ouest et la Terre de Rupert demeuraient sous la domination de la Compagnie de la Baie d'Hudson. Celle-ci s'intéressait vitalement à cette région des Prairies comme source de denrées alimentaires. Le bison n'était pas seulement une source de nourriture pour les Indiens mais il était aussi pour la Compagnie une source de viande sèche, pemmican et charqui (viande desséchée au soleil) aussi bien que de viande fraîche. De plus, la Compagnie s'opposait à toute forme de colonisation qui pourrait détruire le commerce des pelleteries dans la région. A cette époque, soit en 1857, le gouverneur de la Compagnie, à qui l'on demandait s'il était probable que des groupes de colons puissent s'établir à l'intérieur de ses territoires du sud, répondit: «Non, jamais dans la vie du plus jeune homme actuellement vivant».

Sols et végétation

Les sols du Triangle de Palliser font partie des grands groupes de sols bruns et brun foncé. Ce sont tantôt des terrains sableux, tantôt du loam ou de l'argile, et des combinaisons des trois. Les sols bruns se sont développés dans la prairie à herbes courtes laquelle consiste principalement en bouteloue grêle (*Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud.) et d'autres espèces telles que la stipe comateuse (*Stripa comata* Trin. & Rupr.), l'agropyre de l'Ouest (*Agropyron smithii* Rydb.), l'herbe de juin (*Koeleria cristata* (L.) Pers.) et le pâturin secondaire (*Poa secunda* Presl.). Des plantes à larges feuilles ou touffues, communes dans ce type d'herbage, comprennent l'armoise «froide» (*Artemesia frigida* Willd.), l'oponce épineux (*Opuntia polyacantha* Haw.) et la gutierrézie à feuilles variées (*Gutierrezia diversifolia* Greene). La sélaginelle

compacte (*Selaginella densa* Rydb.) abonde à plusieurs endroits. Les sols brun foncé se sont développés dans la prairie mixte, formée d'herbes courtes et semi-hautes. En plus de la végétation déjà décrite, ces sols contiennent aussi de l'agropyre à barbes (*Agropyron subsecundum* (Link) Hitchc.), de la fétuque rude (*Festuca scabrella* Torr.), du rosier (*Rosa* spp.), de la symphorine occidentale (*Symphoricarpos occidentalis* Hook.), du saule (*Salix* spp.) et du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.).

Climat

Les précipitations varient à travers toute la région mais à Swift Current, au centre du Triangle, la moyenne des précipitations annuelles depuis 49 ans est de 35 cm; cette moyenne compte 9 cm de neige. L'évaporation de l'eau (du 1er mai au 30 septembre) à partir d'une surface libre est de 73 cm. Les vents chauds et secs réduisent l'efficacité de l'humidité absorbée et atteignent des vitesses assez grandes pour amorcer le mouvement du sol si ce dernier n'est pas protégé d'une manière adéquate par une culture, des débris végétaux ou par une surface de sol grumeleuse.

Colonisation

L'exposé de Palliser, qui avait défini cette région des Prairies comme comportant des risques au point de vue de l'agriculture, préconisait la colonisation seulement à l'intérieur de la ceinture étroite considérée comme fertile. Ainsi, vers 1885, à peine 100 000 colons s'étaient installés entre Winnipeg et les montagnes Rocheuses et vers 1901, 20 000 personnes seulement habitaient la région des Prairies. L'afflux de colons américains vers l'Ouest obligea les propriétaires de ranch à abandonner les anciens pâturages à bisons pour s'installer encore plus loin vers l'ouest. Et lorsqu'ils eurent découvert les grands espaces inhabités du Triangle de Palliser, ils s'empressèrent d'aller vers le nord continuer leur élevage de bétail au Canada. C'est pourquoi un grand nombre de ranches parmi les premiers établis au Canada étaient à l'origine des prolongements des grands élevages américains. Si les sociétés ferroviaires et le gouvernement avaient suivi les recommandations de Palliser, il y aurait eu 259 000 kilomètres carrés de superbes terrains de pâture réservés aux éleveurs et la colonisation se serait limitée à la ceinture étroite et fertile. Cependant, la construction du chemin de fer transcontinental, qui traversait la région des Prairies de l'est vers l'ouest, ouvrit le territoire à la colonisation et fut à l'origine d'un ensemble d'événements qui entraînèrent la formation de la zone d'érosion éolienne du sud des Prairies.

En réponse aux promoteurs de la construction d'un chemin de fer et aux courtiers en valeurs immobilières, des colons vinrent des États-Unis, de l'est du Canada, des Îles Britanniques et de l'Europe. Entre les années 1896 et 1914, le gouvernement du Canada a distribué des millions d'hectares de terres sous forme de concessions (*homesteads*) tandis que les compagnies de chemin de fer et les sociétés immobilières en ont vendu aussi des millions. Quelques

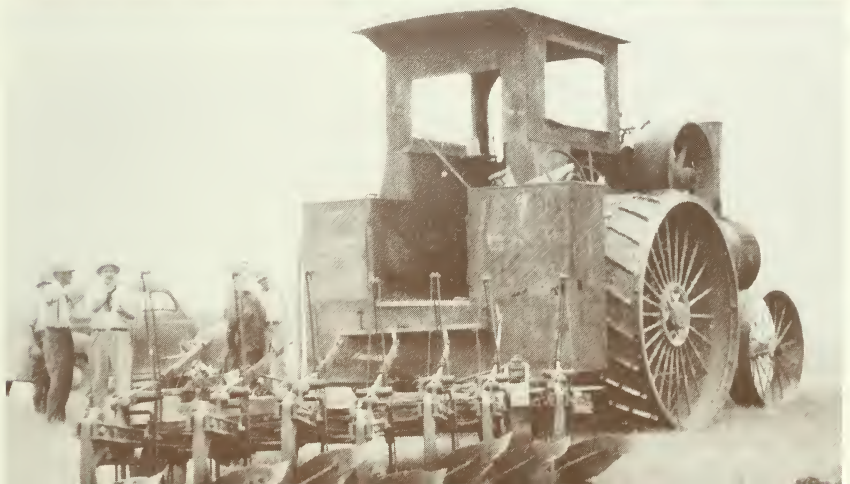
colons étaient inexpérimentés mais d'autres spéculaient simplement sur la vente des terrains sans jamais avoir eu l'intention d'y habiter. Néanmoins, il y avait beaucoup de cultivateurs d'expérience parmi les pionniers du Triangle de Palliser. La plupart de ces colons étaient venus de régions à forte pluviosité et ils avaient appris à utiliser des charrues à versoir, des herses à disques et autres herses dans des régions où il n'y avait pas lieu de se presser de semer afin de profiter des pluies printanières.

Progrès de l'agriculture

Au début du siècle, la demande de blés de panification dans le monde entier a grandement accéléré le développement de l'agriculture dans les Prairies canadiennes. Sans l'aide qu'auraient pu apporter des publications pédologiques et en l'absence de services de vulgarisation, les nouveaux colons choisirent et mirent en culture des millions d'hectares de terre dans les vastes prairies, terres que l'on pouvait préparer rapidement et économiquement pour

Fig. 1 et 2 La terre de la grande prairie était rapidement défoncée par de gros tracteurs à vapeur.





y semer du blé. En 1915, une récolte sans précédent donna un nouvel essor à l'agriculture, consacrant l'avenir de la région du Triangle de Palliser comme devant être l'un des plus vastes greniers à blé au monde. Des rendements de 2016 à 2688 kg/ha étaient chose courante dans le Triangle de Palliser. En 1915, les provinces des Prairies ont produit 10 millions de tonnes métriques de blé sur 5,6 millions d'hectares, (presque deux fois la meilleure récolte obtenue au Canada auparavant) et le rendement moyen enregistré, soit 1747 kg/ha, est demeuré un record durant plus de 40 ans. La forte récolte de 1915 accéléra la culture du blé et l'on entreprit de labourer et de mettre en culture des milliers d'hectares de terre sous-marginale. En conséquence, cette région de faibles précipitations, comprenant 20 millions d'hectares de terrains herbagers qui avaient fait vivre des troupeaux de bisons durant des siècles, se trouva soudainement exposée à toute la force du vent des Prairies.

Érosion éolienne

L'érosion éolienne du sol se manifesta dans les Prairies dès que l'on commença à exécuter des façons culturales. Elle s'accrut après les périodes de faibles précipitations et fut la cause subséquente d'échecs de récoltes (MacKay, 1890). Vers cette époque, on constata que durant les années de sécheresse prolongée, la terre laissée en friche mais gardée libre de mauvaises herbes l'année précédente pouvait donner des récoltes de blé meilleures que celles de la terre constamment cultivée en céréales. En 1889, à la Ferme expérimentale d'Indian Head (Sask.), on observa que l'humidité ajoutée à la terre et conservée pendant l'année de repos permettait d'obtenir de meilleurs rendements à l'hectare. C'est ainsi que débuta l'emploi de la jachère (destruction de mauvaises herbes sur la terre non semée) et son insertion dans une rotation biennale ou triennale comprenant blé et jachère.

Les grandes superficies mises en jachère favorisaient l'érosion éolienne durant les années de sécheresse prolongée. Pendant les années 30, le vent a transporté des millions de tonnes métriques de sol hors des champs, enterrant les clôtures et bloquant les routes rurales. Les amoncellements de terre étouffaient les brise-vent et les jardins, atteignaient les toits des bâtiments et s'infiltraient dans les fentes autour des fenêtres et sous les portes des maisons des cultivateurs.

Sécheresse et mauvaises récoltes

Le manque d'humidité a causé des échecs de récoltes en 1917, 1918, 1919 et en 1920. A cause de méthodes de culture inappropriées, les débris végétaux laissés par les récoltes étaient détruits et, lorsque les vents soufflaient, la dispersion du sol était inévitable. Comme la sécheresse persistait, un grand nombre de colons décidèrent de quitter la région. En Alberta, de 1921 à 1926, l'exode des colons hors de la partie sud-est de la province atteignit un rythme presque incroyable. Partout dans le Triangle de Palliser, l'immigration, qui avait été massive, se transforma en émigration



Fig. 3 Le brûlage du chaume facilitait la culture mais contribuait à l'érosion éolienne du sol.

Fig. 4 La charrue à versoir enfouissait les résidus protecteurs de récolte.



Fig. 5 Le sol dispersé par le vent enterrait les clôtures et obstruait les routes rurales.

Fig. 6 Beaucoup de fermes furent abandonnées.



également massive. En 1926, 10 000 fermes de l'Alberta furent abandonnées; en Saskatchewan, le nombre fut de 5000. Lorsque l'exode atteignit son point culminant, la pluie revint et l'on obtint encore une fois de bonnes récoltes durant toutes les dernières années 1920. Cependant, le répit ne fut que temporaire: les années 30 apportèrent de nouveau des tempêtes de poussière noire poussée par le vent, en même temps que le commencement de la crise économique. Quand les prix s'effondrèrent entre 1930 et 1933, les revenus de la ferme furent réduits à presque rien. En 1933, outre tous ces problèmes, des nuages de sauterelles s'abattirent sur la région, détruisant complètement récoltes et jardins. En 1935, alors qu'une bonne récolte s'annonçait, elle fut détruite par la rouille. Les dommages étaient si considérables que beaucoup d'autres fermes furent abandonnées, les cultivateurs allant s'installer dans le nord de l'Alberta et de la Saskatchewan où les récoltes étaient plus assurées. Les colons qui restèrent sur leur terre usèrent leurs machines, épuisèrent leurs chevaux et ils se rendirent à bout, sans énergie ni ressources financières pour prendre les mesures nécessaires pour combattre l'érosion du sol. Cette période de misère et d'incertitude a occasionné le rapprochement des gens de la région, ouvert la voie à un avenir de collaboration et constitué un temps de réflexion, de planification et d'action pour l'avenir.

EFFORTS DÉPLOYÉS POUR RÉSOUDRE LES PROBLÈMES DE CULTURE DES TERRES ARIDES

Aide du gouvernement

Ni les municipalités, ni les gouvernements provinciaux n'avaient assez de revenus provenant des impôts et des taxes pour maintenir leurs services durant cette époque d'échec des récoltes et d'érosion éolienne. Vu que le gouvernement fédéral possédait des droits sur les ressources naturelles de l'Alberta et de la Saskatchewan, et qu'il avait été responsable de la venue des premiers colons, les gouvernements provinciaux se tournèrent vers Ottawa pour obtenir de l'aide.

Comme le nombre des prestataires de l'assistance sociale augmentait durant les années 20 et que l'érosion faisait des ravages, les gouvernements provinciaux de l'Alberta et de la Saskatchewan décidèrent qu'il y avait lieu de revoir le mode de mise en valeur du Triangle de Palliser. En 1920, on constitua une commission d'enquête en Alberta et une commission royale en Saskatchewan pour étudier les problèmes de la culture en terre aride. En Alberta, la commission d'enquête suggéra qu'un peu plus d'irrigation pourrait être salutaire. En Saskatchewan, la Commission royale insista pour que l'on établisse une ferme expérimentale spéciale à Swift Current, pour étudier les problèmes de la culture des terres arides et leur trouver une solution. Le gouvernement fédéral acquiesça à cette demande et donna l'ordre immédiatement au personnel de son Service des fermes expérimentales d'établir une

ferme expérimentale à Swift Current. La Commission avait aussi proposé l'établissement de services de vulgarisation agricole pour diffuser chez les cultivateurs les dernières acquisitions scientifiques.

Loi sur le rétablissement agricole des Prairies

En 1935, le Gouvernement du Canada adoptait la Loi sur le rétablissement agricole des Prairies pour aider les provinces à réparer le désastre. Le ministère fédéral de l'Agriculture fut chargé de l'application de la loi. On donna aux fermes expérimentales et à leurs stations la tâche de combattre l'érosion éolienne dans les provinces des Prairies et de trouver des pratiques convenables de culture. Le Service des fermes expérimentales, avec l'appui des fonds et du personnel prévus par la Loi sur le rétablissement agricole des Prairies (LRAP), établit des programmes et mobilisa les compétences qui finirent par trouver des solutions au problème de l'érosion par le vent. On exécuta les programmes de recherches d'une manière efficace parce qu'ils étaient interdépendants et soumis à une direction et une surveillance communes. Sans le concours du Service des fermes expérimentales, la loi n'aurait pu atteindre son but, la conservation du sol, d'une manière aussi rapide.

Le Comité national des services agricoles constitua un comité de l'érosion éolienne pour renseigner le ministre fédéral de l'Agriculture sur l'application de la loi (LRAP). Le Comité se composait de hauts fonctionnaires du ministère fédéral de l'Agriculture, des trois ministères de l'Agriculture, des provinces de l'Ouest, des trois collèges d'agriculture de l'Ouest, du Service météorologique du Canada, de la Commission des grains et du Canadien Pacifique.

Établissement de sous-stations

Le Comité approuva l'établissement de 30 sous-stations. Elles devaient travailler en liaison avec toutes les fermes expérimentales des Prairies; plus

Fig. 7 Les champs exposés au vent étaient travaillés à la rayonneuse pour arrêter et retenir le sol mouvant.





Fig. 8 Les sillons se remplissaient de sol mouvant.

tard on ajouta d'autres sous-stations. Les sous-stations étaient des fermes de propriété privée dirigées en collaboration avec le Service des fermes expérimentales.

Les sous-stations devinrent des centres de mise au point des pratiques les plus efficaces pour assurer la conservation du sol dans leurs propres secteurs où les conditions de sol et de climat variaient considérablement. Chaque sous-station était pour son territoire un centre d'essais où l'on faisait des recommandations sur les pratiques de culture et sur les variétés de céréales les plus convenables à la terre de ces endroits. A mesure que l'érosion du sol était maîtrisée, les cultivateurs des environs adoptaient les méthodes de culture recommandées. Les autres remarquaient cette réussite et, à leur tour, utilisaient ces méthodes.

L'une des mesures d'urgence entreprises fut le rayonnage (ensemencement au creux de rayons) dans les champs dont le sol se dispersait au vent, afin d'arrêter et de retenir le sol mouvant. On se servait de charrues et de cultivateurs pour amener des mottes de terre à la surface afin d'empêcher l'entraînement du sol par le vent. En se basant sur les recherches effectuées dans le sud de l'Alberta (Station expérimentale de Lethbridge, 1938), on préconisait la culture en bandes dans une rotation de 2 ans formée de céréales et de jachère; on montrait aux cultivateurs comment établir des bandes de terrain de 40 à 80 m à angle droit avec les vents dominants. On encourageait le travail superficiel de la surface en jachère pour conserver une couche de débris végétaux protecteurs, au lieu de labourer ou de tenir la surface absolument nue. Durant cette période, les cultivateurs commencèrent à comprendre l'importance de conserver tous les résidus disponibles et de les utiliser à la surface du sol comme protection contre l'érosion éolienne. En conséquence, on adopta presque partout à travers les Prairies la culture comportant la conservation des débris végétaux.

Associations en vue du progrès de l'agriculture

L'organisation des Associations pour le progrès de l'agriculture (APA) fut une autre initiative de grande valeur de la LRAP. Le but de ces associations était de rassembler les cultivateurs en groupes organisés pour échanger des idées, renseigner les organismes chargés de l'application de la LRAP et les services provinciaux sur les problèmes qu'il fallait examiner, et de servir de centre d'information apte à faciliter l'exercice de certaines activités spéciales et à donner de l'aide. Par exemple, par l'entremise des associations APA, on fournit aux producteurs des petites quantités de semence d'agropyre à crête (*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn, et d'agropyre des déserts *A. desertorum* (Fisch.) Schult.) pour constituer des parcelles de culture de semence ou pour semer les terrains trop secs ou trop sableux pour la culture des céréales. Les fermes expérimentales, dans toute la région de sécheresse, avaient déjà essayé ces graminées et les avaient trouvées aptes à s'établir dans ces secteurs. On recommandait de semer soit à l'automne, soit au début du printemps. Les semis faits sur chaume de céréales, ou dans une couverture de chardon de Russie (*Salsola pestifer* Nels.) ou dans d'autres mauvaises herbes annuelles, s'établissaient d'une manière satisfaisante sans aucun labour avant le semis. Par l'entremise des associations APA, on fit aussi la distribution d'arbres à planter comme brise-vent et d'instruments spéciaux tels que des socs à rayonneuse et des rayonneuses pour mener une lutte d'urgence contre l'érosion excessive du sol.

Aide individuelle

Lorsqu'un cultivateur avait un problème d'érosion qu'il n'était pas capable de résoudre, le personnel de la ferme expérimentale la plus proche travaillait avec lui pour l'aider. En premier lieu, on arrêtait le mouvement du sol par la formation de rayons et de billons dans les champs pour retenir le sol. Dès que le mouvement du sol était arrêté, on semait dans ces endroits une culture de seigle de couverture, plante reconnue pour s'établir facilement,

Fig. 9 Sol atteint par l'érosion ensemencé au seigle à titre de mesure préventive d'urgence.





Fig. 10 Agropyre à crête établi par semis sur retour de seigle.

que l'on récoltait. L'année suivante on semait des graminées dans le chaume. Celui-ci protégeait les plantules d'herbe et conservait la neige qui assurait l'humidité additionnelle nécessaire à la croissance le printemps suivant. Cette méthode de semer de l'herbe fut employée avec succès pour la remise en herbe de grandes surfaces gravement atteintes par l'érosion (Clarke et Heinrichs, 1941).

Pâturages collectifs

Si la plupart des cultivateurs réussirent éventuellement à empêcher l'érosion par le vent, il y eut quelques fermes où elle était si grave que les terres furent finalement abandonnées et leurs titres de propriété remis aux municipalités pour acquitter l'arrérage des taxes. Ces terres devinrent une menace pour les fermes limitrophes. L'Administration de la Loi sur le rétablissement agricole des Prairies (ARAP), d'un commun accord avec les municipalités et les gouvernements provinciaux, se chargea alors de l'administration de ces propriétés, s'occupa de combattre l'érosion du sol et d'ensemencer les surfaces érodées en plantes vivaces, généralement de l'agropyre à crête. Dans les localités à sol sableux et à climat sec, il arrivait quelquefois que la propriété entière n'était pas rentable pour la culture des céréales. En pareils cas, les terres étaient transférées par un acte au gouvernement fédéral qui, à son tour, en faisait des pâturages collectifs.

A la fin de la période critique et avec l'aide des rapports de classification des sols, on a découvert d'autres grandes superficies de terre sableuse qu'il y avait lieu de réenherber pour y établir des pâturages collectifs. Vers 1939, 41 pâturages collectifs, comprenant environ 330 000 hectares, avaient été



Fig. 11 On a ensemencé en agropyre à crête de vastes superficies de sols sableux couverts de mauvaises herbes annuelles.

constitués dans la région des Prairies. En 1970, en plus du nombre de ranches établis, il y avait 810 000 hectares de pâturages collectifs sur lesquels pouvaient paître 80 000 bovins de boucherie.

Conservation de l'eau et irrigation

Vu que les problèmes de l'érosion éolienne du sol sont associés à un climat semi-aride, l'irrigation semblait être une solution logique. Le réseau de la rivière Saskatchewan traverse le Triangle de Palliser, en transportant les eaux de ruissellement de l'est des Rocheuses jusqu'à la baie d'Hudson. Cette rivière est profondément encaissée dans une vallée étroite et le coût de l'établissement de réseaux d'emmagasinage et de distribution de l'eau est élevé par rapport à la valeur virtuelle des cultures adaptées à ces terres. L'exploitation de cette source d'eau en est au point que l'on peut maintenant irriguer un demi-million d'hectares de terre. Cependant, ce système d'irrigation a été établi seulement dans les régions où le sol y est propice et il a eu seulement un léger effet sur le problème de l'érosion éolienne.

La construction de barrages de faible capacité et de fosses-réservoirs pour emmagasiner de l'eau dans les fermes a eu plus de résultats que les grands travaux d'aménagement de la rivière Saskatchewan. L'influence de la multiplication de ces réserves d'eau plus faibles a été principalement sociologique, car elles ont servi à l'alimentation des habitations et à l'irrigation, très limitée, des potagers servant à la production de légumes frais et à l'embellissement des fermes de la morne prairie. Dans certains cas, ces petites réserves ont fourni de l'eau aux bestiaux et permis de diversifier un peu la production.

Brise-vent

L'une des activités préconisées par l'ARAP fut la plantation d'arbres et d'arbustes pour la protection du sol et des cultures contre les vents et les tempêtes. Dès le début de cette entreprise et jusqu'à la fin de 1938, tous les membres des associations APA qui avaient accepté de planter des brise-vent autour de leurs habitations reçurent gratuitement les plants nécessaires. Les frais de transport du matériel était acquittés d'avance pourvu que la terre fût préparée convenablement et qu'un rapport favorable eût été envoyé par les surveillants de la plantation d'arbres. Ainsi, les paiements couvrant les frais de plantation des arbres étaient versés à raison de $3.50 par 1000 arbres. Ce programme de plantation fut discontinué en 1939 et remplacé par un autre dans lequel les frais de transport rapide des arbres étaient acquittés pour tous les cultivateurs des régions arides désignées et non pas seulement pour les membres des associations APA.

En 1938, on distribua aux membres des associations APA 909 000 arbres et, en 1939, 1 277 700, à 1700 cultivateurs.

En plus de l'installation de brise-vent autour des habitations, le gouvernement fédéral, par l'application de la loi LRAP, entreprit des projets de brise-vent dans les champs de quatre localités des Prairies: Porter Lake (dans le centre est de l'Alberta), Conquest (au centre de la Saskatchewan), Aneroid (dans le centre sud de la Saskatchewan) et Lyleton (dans le sud-ouest du Manitoba). Ces projets avaient pour but de déterminer jusqu'à quel point la plantation de brise-vent, à intervalles rapprochés sur une superficie relativement petite, pourrait empêcher la dispersion du sol, et de déterminer en outre si les brise-vent comportaient d'autres avantages pour les grandes cultures. Les résultats les plus frappants furent enregistrés pendant les années sèches (C.S.T.A. Review, 1939), les cultivateurs réussissant alors à produire des fruits et légumes dans les jardins bien protégés par des ceintures d'arbres, même dans des régions où les récoltes étaient complètement manquées. En outre, dans bien des cas, il y eu accroissement notable du rendement des céréales et des plantes fourragères lorsqu'on avait installé des brise-vent. En conséquence, le programme de plantation d'arbres se continue depuis des années et il est encore encouragé et appuyé par les gouvernements provinciaux et fédéral.

PROGRAMME DE RECHERCHES

Les recherches au champ et en laboratoire ont pris beaucoup d'expansion à la suite de l'adoption de la Loi sur le rétablissement agricole des Prairies (C.S.T.A. Review, 1939). Les objectifs de la recherche étaient d'améliorer la conservation de l'humidité et des débris végétaux et la stabilité du sol et d'étudier l'effet de l'accumulation des débris végétaux sur la nitrification et sur le rendement des cultures.

Conservation de l'humidité

Les expériences faites en cases et au champ ont démontré que la perte d'eau totale par évapotranspiration est le facteur le plus important qui influe sur le rendement (Staple et Lehane, 1954). La pluviosité moyenne dans la majeure partie des Prairies est d'environ 17 cm durant la saison de végétation (du 1er mai au 31 juillet). Ces précipitations atmosphériques, plus 10 cm d'eau disponible emmagasinée dans la terre en jachère, donneront une production de 1000 kg de blé à l'hectare. Chaque addition de 2,5 cm d'eau, en plus des 27 cm, donne un accroissement de 202 à 336 kg/ha jusqu'à une production de 2000 kg/ha. Au-delà de 2000 kg/ha, les accroissements de production pour chaque addition de 2,5 cm d'eau cessent rapidement. Cette étude démontre que dans les régions de basses précipitations, il ne faut pas ensemencer la terre qui était en culture l'année précédente à moins que la profondeur du sol humide, au moment du semis, ne soit d'au moins 46 cm dans les sols argileux, 61 cm dans les loams et 76 cm dans les sols sableux (Janzen et al. 1960).

Quand on tient une terre en jachère pour la préparer au semis, il s'écoule 21 mois entre la date de la moisson d'une récolte et celle du semis suivant. Durant les neuf premiers mois de la période de jachère (premier hiver), environ 5,6 cm (ou 33%) des précipitations totales sont emmagasinés. Durant les 12 mois qui restent, il n'y a emmagasinage que de 4,6 cm (soit 14%) des précipitations, ce qui donne un total de 10,2 cm durant les 21 mois de jachère (Janzen et al., 1960). Pour conserver cette quantité d'humidité, il faut commencer le travail de la jachère dès que les mauvaises herbes sortent au printemps (Korven et al., 1962).

Entretien d'une structure grumeleuse du sol

Une étude sur la grosseur des particules du sol a établi que les sols contenant 60% de particules dont le diamètre est plus petit que 1 mm peuvent commencer à être entraînés par un vent d'environ 28 km/h mesuré à une hauteur de 30 cm (Ferme expérimentale, Swift Current, 1958). Dans les Prairies du sud de l'Ouest canadien, les vents atteignent souvent cette vitesse et il vente même souvent plus fort au début du printemps, avant et après le semis. La dispersion du sol par le vent se produit donc presque tous les ans, à moins qu'il y ait une couche adéquate de débris végétaux pour protéger la surface du sol susceptible d'érosion éolienne.

Les chercheurs ont constaté que l'effet de la formation d'agrégats durant l'hiver sur la grosseur des particules varie selon le type de sol et les conditions climatiques. La fraction de particules de moins de 1 mm de certains sols du centre sud des États-Unis, loams, loams argileux-sableux et loams argileux s'accroît de l'automne au printemps (Chepil, 1954). Des recherches faites à la Ferme expérimentale de Swift Current sur un loam argileux ont démontré que l'érodabilité diminue sensiblement de l'automne au printemps (Anderson et Wenhardt, 1966). D'autres études (Bisal et Nielson, 1964) ont révélé que, après l'action du gel, le sol argileux était plus érodible, le loam argileux l'était

moins et qu'il n'y avait presque pas de changement dans le sol sableux. On a constaté que le labour avant l'ensemencement et l'ensemencement d'un loam argileux ramènent la fraction du sol érodible approximativement au même pourcentage d'érodabilité que celui qui existait après une saison de jachère l'automne précédent (Anderson et Wenhardt, 1966). La quantité de débris incorporée dans le sol n'a eu aucun effet apparent sur la formation d'agrégats durant l'hiver.

Au début de l'érosion éolienne du sol, on croyait que les machines agricoles du type à disques pulvérisaient le sol plus que celles du type à versoirs. Cependant, les recherches ont démontré que la charrue produit plus de mottes et moins de terre pulvérisée que le cultivateur à disques ou à lames durant le labour exécuté au début de la jachère, mais qu'un travail subséquent annule les différences produites par le premier labour (Wenhardt, 1962). En conclusion, les machines de préparation du sol n'ont pas d'influence sur l'érodabilité de la terre en jachère sauf pour ce qui est de leur effet sur la conservation des débris végétaux.

Conservation des débris végétaux

Une quantité approximative de 840 kg de débris végétaux par hectare suffit pour empêcher l'érosion éolienne du sol sur les sols de texture moyenne et modérée (loam argileux) (McCalla et Army, 1961). L'emploi judicieux de machines à lames et à disques dans une suite de façons culturales permet de régler la couche superficielle du chaume sur une base quantitative de façon à assurer de bonnes pratiques culturales dans différentes régions.

Le cultivateur à lames utilisé pour l'exécution de la jachère laisse à la surface 55% du chaume et des autres débris végétaux en comparaison de 17% pour la déchaumeuse à disques ou la déchaumeuse légère (*disker*) et de 6% pour la charrue (Anderson et Wenhardt, 1966). Les instruments à disques

Fig. 12 Les cultivateurs à grand rendement conservent les résidus de récolte qui retiennent la neige et conservent ainsi l'humidité.



réduisent la couche végétale superficielle de moitié pour chaque passage à un réglage de 8 à 10 cm de profondeur (Anderson, 1961). En utilisant le cultivateur à lames larges, l'échelle de réduction de la couche initiale de débris végétaux est de 15%, 10% et 5% ou moins pour le premier, le deuxième et le troisième passages ou les façons subséquentes. Quand on l'utilise pour deux façons après le travail initial avec un instrument à disques, le cultivateur à lames larges retourne à la surface 11% et le cultivateur à barres, 14%, de la couche initiale de débris. Le cultivateur à grand rendement muni d'un dispositif à barres conserve après deux passages 12% plus de débris que s'il n'est pas muni de ce dispositif (Anderson, 1965).

La conservation de la couche de débris végétaux s'abaisse à mesure que l'on augmente la vitesse et la profondeur du réglage soit du cultivateur à grand rendement, soit des machines à disques. Le réglage de la profondeur des machines à disques est particulièrement important pour maintenir la couche de débris. On conserve le maximum de débris en déplaçant la déchaumeuse légère à une vitesse de 5 à 6 km/h, les disques réglés à une profondeur de 8 à 10 cm, avec un angle d'entrure assez fermé pour obtenir la coupe la plus large possible (Anderson, 1964). Lors du premier passage, le maximum de chaume reste à la surface du sol quand le haut du chaume ne dépasse pas de plus de 5 cm les entretoises tubulaires des disques.

Effet du chaume sur le rendement des cultures

En culture sèche, il y a rarement assez de débris végétaux pour retarder la nitrification dans le sol et conséquemment réduire le rendement des récoltes. Les recherches faites à Swift Current (Sask.) ont démontré que dans la culture continue, lorsque toute la paille produite par une récolte est retournée au sol, les rendements subséquents s'abaissent jusqu'à 18% (Laboratoire de recherches sur les sols, Swift Current, 1956). Lorsque la paille est retournée avant la période de jachère, il n'y a pas de réduction du rendement, ni de stimulation de la croissance de la culture. Dans le sud de l'Alberta, où les précipitations annuelles et celles de la période de croissance sont les mêmes, mais où l'évaporation est de 8 cm plus basse qu'à Swift Current, un paillis de plus de 4500 kg/ha retarde occasionnellement la production de nitrates, réduit la hauteur des plantes et allonge de 4 à 6 jours la saison de croissance du blé de printemps et d'hiver (Anderson et Russell, 1964). Sur les sols d'argile mal égouttés du sud du Manitoba, une addition trop forte de paille a affaibli le rendement de l'avoine (Ferguson, 1957).

Insectes et maladies

L'introduction du procédé de culture avec une conservation des débris végétaux avait un grave désavantage: il assurait des conditions qui augmentaient la population du cèphe (mouche à scie) du blé (*Cephus cinctus* Norton) à des proportions épidémiques. Comme la culture en bandes s'était répandue, il y avait ainsi de multiples bordures de champs de blé infestées de cèphe et la

couche de débris végétaux sur des bandes adjacentes favorisait des conditions idéales de reproduction. C'est pour cette raison que l'on lança à Swift Current un programme d'amélioration du blé dans lequel on utilisait des variétés qui provenaient de partout dans le monde et, en 1946, la variété Rescue, résistante au cèphe, était homologuée.

Le entomologistes, en collaboration avec les phytopathologistes de toute la région des Prairies et d'ailleurs, ont réussi à établir des programmes permettant de combattre efficacement la rouille et les sauterelles, les taupins et les vers gris. Cette réalisation, en plus de la création de variétés mieux adaptées de céréales et de plantes fourragères, ainsi que l'emploi des méthodes de cultures améliorées, a permis de réduire considérablement la fréquence des mauvaises récoltes dans les Prairies.

Autres programmes de recherches connexes

Les recherches constantes faites au champ sur la conservation des débris végétaux et de l'humidité et sur l'élimination des mauvaises herbes ont entraîné la création de machines agricoles bien adaptées à la culture sèche. Pour conserver au maximum les résidus de récolte, on a maintenant d'excellentes machines telles que le cultivateur à lames et celui à grand rendement, le cultivateur à barres et la déchaumeuse légère large. Des travaux récents portent à croire que l'on peut conserver une plus forte quantité de résidus en substituant des herbicides à une ou plusieurs façons culturales durant les 21 mois que dure la jachère (Anderson, 1971). La pulvérisation faite vers la fin de l'automne pour détruire certaines mauvaises herbes annuelles peut maintenant remplacer efficacement une façon culturale exécutée à la même époque; c'est un autre moyen de conserver les résidus de récolte, particulièrement quand il y en a peu. Des recherches récentes sur

Fig. 13 L'application d'herbicides à la fin de l'automne laisse le chaume debout, ce qui retient la neige.



l'ensemencement direct (semailles faites sans façon culturale préalable) portent à croire que l'on peut conserver plus d'humidité et plus de résidus avec un minimum de travail du sol, sans diminuer le rendement de la culture. La recherche sur la capacité des résidus de différentes récoltes de céréales et d'oléagineux de combattre l'érosion du sol par le vent a démontré que seules les céréales laissent assez de résidus pour empêcher efficacement l'érosion (Anderson, 1968).

On travaille actuellement à créer des variétés de blé de printemps et de blé dur (durum) supportant la sécheresse en vue de stabiliser les rendements annuels et d'obtenir assez de résidus. On s'intéresse surtout au développement du système radiculaire en fonction de l'humidité disponible dans le profil du sol, de la grandeur des stomates et de la surface des feuilles. On constitue aussi le travail d'amélioration en vue de la résistance aux maladies et aux insectes.

L'effet de la valeur des graminées ensemencées pour la production du bétail a amené les chercheurs à porter leur attention sur les plantes fourragères et leur conduite. Dans un programme d'introduction de plantes, on a choisi les espèces de graminées et de légumineuses qui offraient le meilleur potentiel. On a en même temps établi des programmes de recherche intensive sur l'amélioration des plantes fourragères; ces programmes ont

Fig. 14 Le fait de semer la graminée en rangs largement espacés dans une direction et les légumineuses dans une direction perpendiculaire, en rangs de même écartement, réduit l'érosion sur les terrains en pente.



donné beaucoup de variétés et de lignées améliorées de graminées et de légumineuses vivaces pour la région semi-aride des Prairies. Ainsi, nous avons maintenant trois cultivars de luzerne (*Medicago media* Pers.) extrêmement tolérants à la sécheresse et rustiques soit les Rambler, Roamer et Drylander. Pareillement, depuis l'introduction de l'élyme joncé (élyme de Russie) (*Elymus junceus* Fisch.), nous avons les cultivars améliorés Sawki et Mayak, à partir de l'agropyre allongé (*Agropyron elongatum* (Host) Beauv.), le cultivar de qualité supérieure Orbit, et de l'agropyre intermédiaire (*Agropyron intermedium* (Host) Beauv.), le cultivar Chief. Les recherches se continuent avec ces espèces et d'autres plantes fourragères. L'une de ces plantes qui promet le plus est l'élyme étroit (*Elymus angustus* Trin.) qui devrait donner dans quelques années un cultivar amélioré.

Les plantes fourragères vivaces ne sont plus seulement cultivées dans les sols difficiles, quoique l'on s'en serve encore beaucoup pour stabiliser les surfaces atteintes par l'érosion éolienne. La valeur des mélanges graminées-luzerne pour le foin et le pâturage en terre sèche a été nettement démontrée, même s'il se présente parfois des cas de météorisation dans les pâturages contenant de la luzerne. Si une bonne gestion réduit ou élimine considérablement les risques de météorisation, on continue quand même à faire des recherches en vue de créer des variétés de luzerne qui ne causent pas cette maladie.

Bien conduits, les champs d'agropyre à crête et d'élyme joncé mélangés avec de la luzerne sont devenus des réserves assurées de fourrage pour l'élevage en voie d'expansion. Les résultats de la recherche ont montré l'importance d'employer de bonnes méthodes d'établissement des plantes, les populations appropriées des diverses espèces et des modes de semis efficaces. On a trouvé, par exemple, que des mélanges d'élyme joncé et de luzerne réussissent mieux quand on les sème en rangs espacés de 45 à 60 cm, pour permettre le développement maximal des plantes et le maintien d'une forte production. De la même façon, les plantes à foins vivaces donnent le rendement le meilleur et le plus stable, si l'agropyre à crête et la luzerne sont semés en rangs alternés espacés d'au moins 45 cm. En terrain ondulé, on sème la graminée en rangs largement espacés dans une direction et la légumineuse dans une direction perpendiculaire à la première, en rangs de même espacement. Cet effet de barrage en forme de damier élimine l'érosion du sol, ralentit le ruissellement de l'eau et conserve davantage l'humidité du sol.

CONCLUSIONS

Nécessité de poursuivre la recherche

Le Triangle de Palliser a été ramené à un haut niveau de productivité grâce aux efforts de multiples organismes et individus joints aux conditions climatiques. Pour bien conduire les cultures de céréales et de plantes

fourragères sous des conditions de sécheresse tantôt modérée, tantôt grave et en obtenir une forte production, on a créé des espèces bien adaptées, on a mis au point des méthodes appropriées de gestion et conçu et fabriqué des machines spéciales.

L'ingéniosité des chercheurs a permis de maintenir la production dans cette région mais ces éléments ne peuvent garantir à eux seuls la survivance de l'agriculture. Le Triangle de Palliser est une région qui convient surtout à la production de blé, des céréales fourragères et de fourrages pour les bovins de boucherie. La majeure partie du blé et des céréales fourragères est vendue sur les marchés internationaux et, quoique l'on vende beaucoup de bovins de boucherie au Canada, le prix évolue suivant les disponibilités de viande des autres pays. A cause de ces influences extérieures, la survivance de l'agriculture dans le Triangle de Palliser dépend aussi de la connaissance des besoins courants du marché, de l'efficacité améliorée de la production, pour augmenter les marges de profit sur les produits que l'on peut obtenir le mieux dans cette région-là, et de l'adaptation de la qualité de ces produits à la demande internationale. Il importe aussi de poursuivre ces objectifs sans amoindrir ni polluer nos ressources naturelles. Il faut donc continuer les programmes de recherche dans le Triangle de Palliser si l'on veut être en mesure de concurrencer la technique progressive des autres pays.

Pour aider le cultivateur à réaliser ses plans de production immédiats et futurs, il faut faire des recherches intenses sur le marché pour être en mesure de préparer des projections à court et à long terme sur le développement des produits. S'il est important d'avoir ces renseignements à jour pour tous les produits, il faut surtout les avoir pour les blés de printemps roux vitreux (durs) et pour les céréales fourragères cultivées pour l'exportation; ces céréales seront probablement l'objet d'une réglementation en ce qui a trait à la teneur en protéines et en énergie disponible.

Pour améliorer l'efficacité et la stabilité de la production des blés de printemps roux vitreux et des céréales fourragères, il importe d'augmenter le

Fig. 15 L'élyme joncé sert au pacage après prélèvement de la récolte de semence.



rendement en améliorant le potentiel génétique et la résistance à la sécheresse et aux maladies. Il faut également bien définir et réglementer les normes de qualité. Tous ces facteurs sont associés au choix des méthodes de préparation du sol et de la moisson, à l'apport au sol des éléments nutritifs manquants et à l'emploi d'insecticides et autres antiparasitaires.

Une production bovine efficace exige non seulement de meilleures aptitudes héréditaires chez l'animal et la production de meilleures céréales fourragères, mais aussi une plus grande productivité, une meilleure stabilité et une gestion plus efficace des plantes fourragères essentielles. Pour atteindre un meilleur potentiel génétique, il faut une meilleure connaissance de l'interaction qui existe entre la disponibilité des éléments nutritifs du sol et les engrais, et aussi du degré avec lequel ils se lient à l'humidité contenue dans le sol. On a aussi besoin de meilleurs modes de gestion et d'utilisation des fourrages à partir de la préparation du sol et du semis jusqu'à la consommation par l'animal.

Pour réaliser les progrès nécessaires au maintien et à l'amélioration de l'agriculture dans le Triangle de Palliser, il faudra renforcer la recherche et le développement par des études détaillées et à jour sur le climat, le sol, les modes de gestion et leurs implications économiques. Le programme de développement devrait aussi comprendre une étude détaillée de l'effet de ces modes de gestion sur la capacité de production du Triangle de Palliser et sur les aspects économiques et sociaux de toute modification de l'environnement causée par la production.

Nécessité de sources de renseignements

Le cultivateur a besoin de se tenir bien au courant des méthodes de gestion. On met au point de nouvelles méthodes et l'on crée des variétés et des produits si vite qu'il est difficile d'établir un système permettant de tenir le producteur informé. Cependant, pour qu'un service d'information soit économique et efficace, le producteur doit être mis au courant des moyens d'information. Les renseignement doivent être disponibles sous une forme claire, précise et bien documentée avec l'aide de tous les moyens possibles de communication. Ils doivent être préparés par des groupes de spécialistes bien avertis, des gouvernements et de l'industrie, dont la fonction est de renseigner le producteur sur tous les faits pertinents et non pas seulement sur quelques détails isolés.

RÉSUMÉ

L'érosion éolienne qui a ravagé les Prairies a été causée surtout par l'emploi d'un système de culture qui n'était pas adapté à l'environnement écologique. L'érosion s'est faite rapidement, sur une grande échelle, et elle a coïncidé avec des périodes de faibles précipitations et de grands vents, avec la

venue des insectes et des maladies et, finalement, avec la crise économique. L'une des nouvelles techniques mises au point au début de la période de colonisation du territoire (emploi de machines motorisées pour ouvrir et cultiver les nouvelles terres) a eu pour résultat la mise en culture de vastes étendues de sol sableux que l'on aurait dû garder en pâturages naturels. La jachère, qui a rendu possible la production de blé dans beaucoup de régions arides, a été introduite partout dans un grand territoire avant que l'on en fasse un essai adéquat au point de vue de ses effets sur l'environnement et avant que l'on ait déterminé les modifications à lui apporter.

L'aide gouvernementale à tous les niveaux et la collaboration des cultivateurs étaient nécessaires pour élaborer le programme qui a permis de maîtriser l'érosion du sol par le vent. Un programme étoffé de recherches et un service de vulgarisation efficace devront continuer l'étude des conditions changeantes et planifier les moyens à employer pour empêcher l'érosion éolienne.

La présente étude fait ressortir l'interdépendance complexe des diverses composantes naturelles et artificielles d'une crise écologique. Elle nous fait comprendre l'importance d'évaluer profondément les conséquences que peuvent avoir l'introduction, sur une grande échelle, de changements dans les modes de culture qui dérangent l'équilibre de la nature.

REMERCIEMENTS

Les ouvrages suivants ont servi à la rédaction de l'historique que comporte la présente étude: *Men against the desert*, James H. Gray, Modern Press, Saskatoon, Saskatchewan, 1967; *Survival of a vision,* George Spence, ministère de l'Agriculture du Canada, Série historique, étude n° 3, 1967; *When the winds came,* Asael E. Palmer, 1968 et *The Swift Current Research Station 1920-1970*, J. Baden Campbell, ministère de l'Agriculture du Canada, Série historique, étude n°6, 1971.

BIBLIOGRAPHIE

Anderson, C.H., *A comparison of annual crops for seed and residue in the semiarid region of Western Canada,* Can. J. Plant Sci., 1968, 48:287-291.

Anderson, C.H. *Comparison of tillage and chemical summerfallow in a semiarid region,* Can. J. Soil Sci., 1971, 51:397-403.

Anderson, C.H. et Wenhardt, A., *Soil erodibility – fall and spring,* Can. J. Soil Sci., 1966, 46:255-259.

Anderson, D.T., *Surface trash conservation with tillage machinery,* Can. J. Soil Sci., 1961, 41:99-114.

Anderson, D.T., *Some factors affecting trash conservation with disk-type implements,* Can. Agric. Eng., 1964, 6:11-13, 19.

Anderson, D.T., *Some factors affecting trash conservation with the heavy duty cultivator,* Can. Agric. Eng., 1965, 7:45-46, 49.

Anderson, D.T. et Russell, C.G., *Effects of various quantities of straw mulch on the growth and yield of spring and winter wheat,* Can. J. Soil Sci., 1964, 44:109-116.

Bisal, F. et Nielsen, K.F., *Soil aggregates do not necessarily break down over winter,* Soil Sci., 1964, 98:345-346.

Chepil, W.S., *Seasonal fluctuations in soil structure and erodibility of soil by wind,* Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1954, 18:13-16.

Clarke, S.E. et Heinrichs, D.H., *Regrassing abondoned farms, sub-marginal cultivated lands and depleted pastures in the prairie areas of Western Canada,* min. de l'Agr. du Can., Publ. 720, 1941.

C.S.T.A. Review, *Prairie Farm Rehabilitation,* Can. Soc. Techn. Agric., Ottawa, Canada, 1939.

Ferme expérimentale, ministère de l'Agriculture du Canada, Swift Current (Sask.), rapport annuel (miméographié), 1958.

Station expérimentale, ministère de l'Agriculture du Canada, Lethbridge (Alb.), Résultats d'expériences de 1932 à 1936, 1938.

Ferguson, W.S., *Note on the effect of stubble and straw residue on the availability of nitrogen,* Can. J. Soil Sci., 1957, 37:145-146.

Janzen, P.J., Korven, N.A., Harris, G.K. et Lehane, J.J., *Influence of depth of moist soil at seeding time and of seasonal rainfall on wheat yields in southwestern Saskatchewan,* min. de l'Agr. du Can., Publ. 1090, 1960.

Korven, N.A., Wenhardt, A., Harris, G.K. et Janzen, P.J., *Importance of working summerfallow early in southwestern Saskatchewan,* min. de l'Agr. du Can., Publ. 1149, 1962.

MacKay, A., *Experimental Farm for Northwest Territories Report. Appendix to report of the Minister of Agriculture,* Brown Chamberlain, Imprimeur de Sa Majesté la Reine, 1890.

McCalla, T.M. et Army, T.J., *Stubble mulch farming,* p. 125-196, *dans* A.G. Norman, ed. *Advances in Agronomy,* Academic Press, New York, 1961.

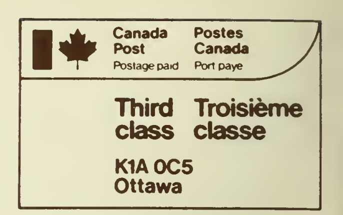
Soils Research Laboratory, ministère de l'Agriculture du Canada, Swift Current (Sask.), *Prog. Report 1948-1954,* 1956.

Staple, W.J. et Lehane, J.J., *Weather conditions influencing wheat yields in tanks and field plots,* Can. J. Agric. Sci., 1954, 34:553-564.

Wenhardt, A., *Surface clod production characteristics of some tillage machines on a clay loam soil,* Can. J. Agric. Eng., 1962, 4:33-36.



INFORMATION
Edifice Sir John Carling Building
930 Carling Avenue
Ottawa, Ontario
K1A 0C7



IF UNDELIVERED, RETURN TO SENDER EN CAS DE NON-LIVRAISON, RETOURNER À L'EXPÉDITEUR